



21 Aktenzeichen: 198 21 766.8-45
22 Anmeldetag: 14. 5. 98
43 Offenlegungstag: -
45 Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 24. 6. 99

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:
Siemens AG, 80333 München, DE

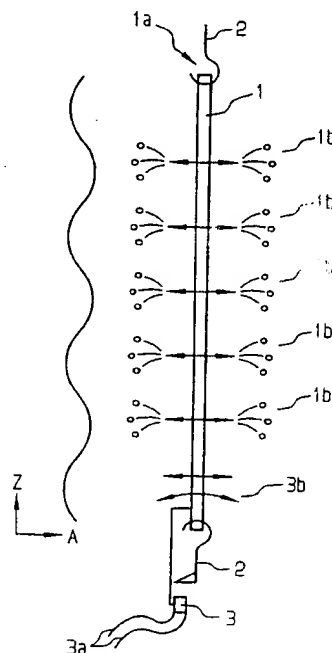
72 Erfinder:
Helmolt, Rittmar v., Dr.rer.nat., 91052 Erlangen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht
gezogene Druckschriften:

DE 44 42 285 C1
DE 1 96 41 143 A1
EP 07 43 693 A1
WO 97 01 827 A1

54 PEM-Brennstoffzellensystem mit Befeuchtung und/oder Kühlung mit flüssigem Medium, deren Verwendung sowie ein Verfahren zum Befeuchten und Kühlen eines solchen Systems

57 Die Erfindung betrifft ein Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellensystem mit Befeuchtung und/oder Kühlung mit flüssigem Medium, insbesondere zur Anwendung in mobilen Systemen, das in einer oder beiden axialen Prozeßgasversorgungsleitungen einen Flüssigkeitsverteiler vorsieht, der mit Hilfe von Schallwellen Tröpfchen unmittelbar vor dem Gaseinlaß jeder BZ-Einheit eines BZ-Stapels erzeugt und dem Prozeßgasstrom zusetzt (vgl. Tintenstrahldrucker).



Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Polymer-Elektrolyt-Brennstoffzellensystem mit Befeuchtung und/oder Kühlung mit flüssigem Medium, insbesondere zur Anwendung in mobilen Systemen, das einen BZ-Stapel mit einem neuartigen Flüssigkeitsverteiler in einer oder beiden Prozeßgasversorgungsleitungen umfaßt.

Aus der EP 0 743 693 ist ein BZ-System mit anodenseitiger flüssiger Befeuchtung bekannt, bei dem mit Hilfe eines Blubberers aus gesintertem Metall (Sp. 6, Z. 4-5), der sich über die ganze Länge der Brennstoffversorgungsleitung erstreckt (Fig. 4), ein Gas-Flüssigkeitsgemisch hergestellt wird. Dazu wird das Brenngas über den Blubberer in Blasen in den Flüssigkeitsstrom, der die Versorgungsleitung entlang fließt, eingebracht. Das Wasser bildet dabei einen zusammenhängenden Film, der im BZ-Stapel zu den von wassergekühlten BZ-Stapeln bekannten Korrosionsproblemen führt. Nachteilig an dieser Befeuchtung ist außerdem der hohe Wasser- und Prozeßgasverbrauch. Dieses System ist daher auch nicht optimal für die Elektrotraktion geeignet, weil große Tanks mitgeführt werden müssen. Da mit dem Wasserstrom das BZ-System auch bei Leistungsspitzen ausreichend gekühlt wird, wird – beim Einsatz des Systems zum Antrieb eines Fahrzeugs – der Fahrtwind nie zur Kühlung ausgenutzt, was den energetischen Gesamtwirkungsgrad des Fahrzeugs verringert.

Aus der DE-OS 196 41 143 ist eine befeuchtete PEM-BZ bekannt, bei der Wasser in Form schwebefähiger Tropfen als Aerosol im Prozeßgasstrom (Sp. 4, Z. 66 bis Sp. 5, Z. 11) oder mittels zahlreicher dünner Leitungen auf die aktiven Zellflächen gebracht wird. Im letzteren Fall findet dabei keine nennenswerte Durchmischung der Gas- und Wasserphase statt, was die freie und damit nutzbare Oberfläche des Wassers reduziert. Nachteilig bei der erstgenannten Alternative, also der Befeuchtung mit dem Aerosol ist, daß sich schwebefähige Tröpfchen ausbilden, die sich bereits entlang der Zuführungs- und Versorgungsleitung niederschlagen. Somit erreicht nur ein Bruchteil der eingesetzten Wassermenge die aktive Zellfläche und es ergibt sich im Ganzen eine unausgewogene Befeuchtung der Einzelzellen. Bei beiden beschriebenen Befeuchtungs- und/oder Kühlsystemen ist der Wirkungsgrad der Befeuchtung, bezogen auf das Wasser, gering. Bei der Konstruktion mit den zahlreichen dünnen Leitungen zu jeder aktiven Fläche ist zudem hoher Konstruktionsaufwand zu erwarten, der sich in den Herstellungskosten, in der Größe und im Gewicht des resultierenden BZ-Stapels negativ niederschlägt.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist deshalb, ein PEM-BZ-System, insbesondere für die mobile Anwendung, zu schaffen, bei dem eine gleichmäßige und ausgewogene Befeuchtung und/oder Kühlung mit hohem Wirkungsgrad, bezogen auf den Wasserverbrauch, erzielt wird. Dies soll mit möglichst geringem Konstruktionsaufwand realisiert werden, damit Gewicht und Größe des BZ-Systems durch das System zur Befeuchtung und/oder Kühlung mit flüssigem Medium so weit wie möglich unbelastet bleiben und ein massenfertigungstaugliches und preiswertes BZ-System entsteht. Aufgabe der Erfindung ist es weiterhin, ein Verfahren zur Verfügung zu stellen, mit dem ein, zur mobilen Anwendung geeignetes, PEM-BZ-System befeuchtet und/oder gekühlt werden kann.

Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist deshalb ein Polymer-Elektrolyt-Membran(PEM)- Brennstoffzellen(BZ)-system, das eine Befeuchtung und/oder Kühlung mit flüssigem Medium hat und das folgende Elemente umfaßt:

- zumindest zwei BZ-Einheiten, die zusammen mit

- einer Anfangs- und einer Endplatte einen BZ-Stapel bilden,
- zwei Versorgungsleitungen für die Prozeßgase
- die jeweiligen Ableitungen dazu,
- wobei in zumindest einer der Prozeßgas-Versorgungsleitungen innerhalb des BZ-Stapels ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet ist, der mit zumindest einer Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen verbunden ist.

Weiterhin ist Gegenstand der Erfindung ein Verfahren zum Befeuchten und/oder Kühlen eines BZ-Stapels, bei dem ein flüssiges Medium mit dem Prozeßgasstrom auf die aktiven Flächen des BZ-Stapels geführt wird, wobei die Flüssigkeitströpfchen mit Hilfe von Schallwellen unmittelbar vor dem Gaseinlaß jeder BZ-Einheit des BZ-Stapels erzeugt und dem Prozeßgasstrom zugesetzt werden. Schließlich ist Gegenstand der Erfindung die Verwendung des erfindungsgemäßen BZ-Systems für die Elektrotraktion.

Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den Unteransprüchen, der Beschreibung, den Figuren und den Erläuterungen dazu.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung wird durch die Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen, mit der der Flüssigkeitsverteiler verbunden ist, eine stehende Welle im Flüssigkeitsverteiler und/oder in der Flüssigkeitssäule derart eingekoppelt, daß auf der Höhe des Gaseinlasses jeder BZ-Einheit die stehende Welle im Flüssigkeitsverteiler und/oder in der Flüssigkeitssäule einen Wellenbauch hat.

Bevorzugt wird in den Flüssigkeitsverteiler und/oder in die Flüssigkeitssäule eine stehende Welle eingekoppelt, deren halbe Wellenlänge dem Abstand zweier aufeinanderfolgender BZ-Einheiten entspricht.

Bevorzugt umfaßt die Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen zumindest einen Piezoaktor, wie sie z. B. bei der Herstellung kleinster Tropfen Stand der Technik sind (vgl. S. Brand und T. Laux: "Einsatzmöglichkeiten und -Bereiche von piezokeramischen Aktoren" Bd. 1 der VDI-Reihe "Technologiestudien und Marktprognosen zur Mikrosystemtechnik").

Der Flüssigkeitsverteiler ist ein Kernstück der Erfindung. So wird vorliegend ein Bauelement bezeichnet, das sich mit flüssigem Medium vollsaugen und über einen Schallgeber in Schwingung versetzt werden kann. Dieses Bauelement ist so beschaffen, daß es in einer Prozeßgasversorgungsleitung untergebracht werden kann, ohne viel konstruktiven Aufwand, d. h. es sollte einfach hineingesteckt oder hineingezogen werden können. Alternativ ist der Wasserverteiler mehrstückig und wird durch Stapeln der BZ-Einheiten bei der Montage des BZ-Stapels gebildet.

Der Flüssigkeitsverteiler kann aus allen Materialien gebildet sein, die zum Transport von flüssigem Medium geeignet sind, z. B. Textil (Baumwolle, Hanf) und/oder Kunststoff (z. B. Nylon Glasfaser und/oder Kohlefaser sowie beliebige Mischungen daraus) und/oder Metall (z. B. Eisen, Stahl etc.). Der Flüssigkeitsverteiler wird in einem oder in beiden axialen Versorgungskanal (-kanälen) eines BZ-Stapels untergebracht und mittels Schallwellen in Schwingung versetzt. Beispiele für den Flüssigkeitsverteiler sind ein Röhrchen, ein Draht, ein Docht oder ein mit flüssigem Medium gefüllter Schlauch, in dem sich ein schwingendes Element, z. B. ein Draht, befindet. In diesem Fall muß der Schlauch porös sein, Bohrungen oder Düsen haben, durch die das flüssige Medium austreten und durch die Schwingung des Schlauches zerstäubt werden kann.

- Als flüssiges Medium eignen sich alle Flüssigkeiten, die

sich auch für das in der gleichzeitig eingereichten 97E3592 offenbarte System eignen. Dabei wird bevorzugt Wasser oder Wasser mit Zusätzen, wie Tensiden oder ähnlichem, eingesetzt. Falls sich andere flüssige Medien auch als geeignet für die Kühlung und/oder die Befeuchtung der Polymer-Elektrolyt-Membran der BZ erweisen, soll die Erfindung jedoch nicht nur auf Wasser beschränkt sein.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist der BZ-Stapel auch luftgekühlt, d. h. neben dem erfindungsgemäßen System der Kühlung über das Befeuchtungswasser hat der BZ-Stapel noch Elemente, die Luftkühlung ermöglichen, d. h. die den Fahrtwind zur Kühlung des BZ-Stapels nutzbar machen. Solche Elemente sind u. a. aus der WO 97/01827 bekannt.

Nach einer bevorzugten Ausführungsform des Verfahrens wird nur ein Prozeßgasstrom, also entweder der Kathoden- oder der Anodengasstrom befeuchtet. Dabei wird besonders bevorzugt der Anodengasstrom befeuchtet. Denkbar ist auch die Alternative, bei der nicht das Prozeßgas, sondern die Elektrode oder die Elektroden befeuchtet wird.

Als Prozeßgasversorgungsleitung (d. h. Brennstoff- und/oder Oxidansversorgungs- und/oder Zuführungsleitung) innerhalb des BZ-Stapels wird ein – in der Regel axialer – Versorgungs kanal bezeichnet, durch den das Prozeßgas zu den einzelnen BZ-Einheiten (Einzelzellen des BZ-Stapels) strömt. Dabei ist jede Brennstoffversorgungsleitung mit einem Brennstofftank und jede Oxidansversorgungsleitung mit einem Oxidantank verbunden. Alternativ kann die Brennstoffversorgungsleitung auch noch oder nur mit einem Brennstoffreformer und/oder die Oxidansversorgungsleitung auch noch oder nur mit einem Kondensator verbunden sein.

Jede dieser Leitungen hat zur Versorgung der aktiven Zellflächen mit Prozeßgas jeweils auf der Höhe der aktiven Fläche eine Öffnung, die als Gaseinlaß bezeichnet wird.

Der Flüssigkeitsverteiler ist in der Prozeßgasversorgungsleitung so untergebracht, daß er den Prozeßgasstrom möglichst wenig behindert.

Falls der Flüssigkeitsverteiler eine Halterung in der Prozeßgas-Versorgungsleitung braucht, kann, am Beginn und am Ende der Versorgungsleitung auf der Höhe der Anfangs- und Endplatte des BZ-Stapels, jeweils eine einfache Klammer oder ähnliches, in die der Flüssigkeitsverteiler eingespannt wird, vorgesehen sein. Ebenso gut kann eine andere Art von Halterung oder mechanischer Fixierung vorgesehen sein.

Über die stehende Welle im Flüssigkeitsverteiler und/oder in der Flüssigkeitssäule wird die Abgabe von Tröpfchen an jede BZ-Einheit erzwungen, indem ein, sich vor dem Gaseinlaß des Kathoden- und/oder Anodengasraumes befindender, Wellenbauch des Flüssigkeitsvertellers und/oder der Flüssigkeitssäule Tröpfchen produziert und in den Gaseinlaß schleudert. Über die induzierte Welle, beispielsweise über die Amplitude oder aber auch über die Pulslänge (= Länge der Wellengruppe) oder Pulszahl (= Frequenz, mit welcher Wellengruppen erzeugt werden), kann auch die Menge des an die BZ-Einheiten abgegebenen Wassers geregelt werden. Die Regelung der abgegebenen Wassermenge wird sich üblicherweise nach den Betriebsparametern des BZ-Stapels oder der BZ-Batterie richten, vor allem nach deren Gasdurchsatz und Betriebstemperatur.

Eine Ausführungsform der Erfindung ist nun, über einen einzigen Geber (Aktor, Schallgeber) eine stehende Welle in den Flüssigkeitsverteiler einzukoppeln. Dabei kann die Wellenlänge λ über die Eigenschaften des Wasserverteilers und die Frequenz f der Schallwelle eingestellt werden. Es gilt die allgemeine Beziehung

$$c = f \cdot \lambda,$$

wobei die Phasengeschwindigkeit c der Schallwelle von den Eigenschaften des Wasserverteilers abhängt.

Wenn, z. B. eine Transversalwelle (vgl. Fig. 2) eingekoppelt werden soll, dann entspricht nach einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung die halbe Wellenlänge der eingekoppelten stehenden Welle dem Abstand zweier benachbarter Gaseinlässe in einer Versorgungsleitung. Jeder entstehende Wellenbauch ist dann genau vor einem Gaseinlaß einer BZ-Einheit plaziert.

Ebenso kann auch eine Longitudinalwelle (vgl. Fig. 3) eingekoppelt werden. Diese kann sich auch in einem flüssigen oder gasförmigen Medium ausbreiten und daher direkt in eine Flüssigkeitssäule oder in einen Nebel aus flüssigem Medium und Prozeßgas oder in einen Schaum eingekoppelt werden. Ebenso kann eine Longitudinalwelle auch in den Flüssigkeitsverteiler oder in beide, den Flüssigkeitsverteiler und die Flüssigkeitssäule eingekoppelt werden. Bei der Einkopplung der longitudinalen Welle ist u. U. auch eine Wellenlänge wie bei der Transversalwelle vorteilhaft. Sowohl stehende Longitudinal-also auch stehende Transversalwellen sind im Rahmen dieser Erfindung auch mit anderen Wellenlängen ausführbar. So ist eine gleichmäßige Verteilung des flüssigen Mediums auf den aktiven Zellflächen auch dann gegeben, wenn die Wellenlänge sehr viel kleiner ist als der Abstand zweier Zellen im Axialkanal, oder aber sehr viel größer als die Länge des Axialkanals; in beiden Fällen erfolgt über die gesamte Länge des Flüssigkeitsvertellers ein gleichmäßiges Abschleudern von Tröpfchen.

Schließlich ist auch eine Kombination von Longitudinal- und Transversalwellen möglich und in der Praxis kann sich dabei eine Oberflächenwelle ausbilden, deren Eigenschaften von allen Komponenten des Flüssigkeitsvertellers einschließlich des flüssigen Mediums selbst abhängt. Die Berechnung und theoretische Optimierung ist zwar kompliziert, sie kann aber mit numerischen Methoden gelöst werden.

Erfindungsgemäß ist bevorzugt, daß die Schwingungsbäuche direkt vor den Gaseinlässen der einzelnen BZ-Einheiten entstehen, was durch die geometrischen Abmessungen, die Wellenlänge und die oben genannte Einstellung von Frequenz und Schallgeschwindigkeit im Flüssigkeitsverteiler gesteuert werden kann.

Die Tröpfchen bilden sich an den Schwingungsbäuchen, direkt vor den Gaseinlässen.

Die Erzeugung der Schallwelle geschieht günstigerweise mit Hilfe von Piezokeramiken, obwohl natürlich andere Möglichkeiten der Schallerzeugung für das Verfahren genauso verwendet werden können. Piezogeber sind bevorzugt, weil sie sich durch einen einfachen Aufbau bei hohem Wirkungsgrad auszeichnen und ihre Anwendung ist bei Ultraschallzerstäubern wie bei Tintenstrahldruckern viel erprobt ist. Typische Frequenzen sind 100 kHz und 2,5 MHz.

Ähnlich der Technik, wie sie bei Tintenstrahldruckern oder bei der Schmierung von Werkzeugmaschinen angewendet wird, ist auch eine Verwendung von Drucksegmenten im Flüssigkeitsverteiler denkbar. Beispielsweise kommen Piezo-Drucksegmente, wie sie bei Einspritzsystemen für Kraftstoffe in Verbrennungsmotoren oder PKW-Standheizungen benutzt werden, erfindungsgemäß zum Einsatz.

Als bevorzugte Konstruktion eines BZ-Stapels wird die aus der DE 44 42 285 bekannte Konstruktion verwendet mit einem Schichtaufbau im BZ-Stapel gemäß Separator (oder Zwischenelement), Kathodenraum (umfaßt Katalysatorschicht und Elektrode), Membran, Anodenraum (umfaßt Katalysatorschicht und Elektrode), Separator, Separator, Kathodenraum, Membran, etc. genügt (wobei eine BZ-Ein-

heit einen Separator, einen Kathodenraum, eine Membran, einen Anodenraum und wieder einen Separator umfaßt). Sollte allein über die erfindungsgemäße Befeuchtung gekühlt werden, kann jeder zweite Separator entfallen, weil ein Schichtaufbau gemäß Separator, Kathodenraum, Membran, Anodenraum, Separator, Kathodenraum etc. genügt. Bevorzugt wird aber zweigleisig gekühlt, so daß der BZ-Stapel grundsätzlich sowohl über die Befeuchtung als auch luftkühlbar ist. Es bleibt dann der jeweiligen Betriebsführung überlassen, wann mehr mit flüssigem Medium und wann mehr mit Gas, also z. B. Luft gekühlt wird.

Als aktive Fläche wird die Zellfläche bezeichnet, auf der das Prozeßgas Kontakt mit einer der Elektroden hat.

Im folgenden wird die Erfindung nun anhand von 4 Figuren, die bevorzugte Ausführungsformen beschreiben, näher erläutert.

Fig. 1 zeigt einen Querschnitt durch einen BZ-Stapel eines erfindungsgemäßen BZ-Systems.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines erfindungsgemäßen Flüssigkeitsverteilers im Betrieb.

Fig. 3 zeigt eine Ausführungsform mit einem Rohr oder einer Rinne als Flüssigkeitsverteiler und

Fig. 4 zeigt wieder eine andere Ausgestaltung der Erfindung, bei der vor jedem Gaseinlaß ein Schallgeber angeordnet ist.

Fig. 1 zeigt drei BZ-Einheiten eines BZ-Stapels im Querschnitt. Von links nach rechts ist folgendes zu erkennen: Ganz links ist die äußere Begrenzungswand der axialen Brennstoffversorgungsleitung 2 zu sehen. Die Brennstoffversorgungsleitung 2 hat jeweils einen Gaseinlaß 1c in Höhe des Anodengasraumes 3a jeder BZ-Einheit 3. In der Brennstoffversorgungsleitung 2 ist der Flüssigkeitsverteiler 1 untergebracht. In Richtung 1a erhält der Flüssigkeitsverteiler Zufuhr an flüssigem Medium, beispielsweise über Druck und/oder über Kapillarkraft. An jedem Gaseinlaß 1c findet Flüssigkeitsaustritt in Richtung 1b aus dem Flüssigkeitsverteiler statt. Die entstehenden Tröpfchen werden direkt in den Gaseinlaß geschleudert (Pfeilrichtung 1b).

Eine BZ-Einheit 3 besteht aus der Elektrolytmembran 3c, an die auf der einen Seite die Anode 3d und der Anodengasraum 3a und auf der anderen Seite die Kathode 3e und der Kathodengasraum 3b anschließt.

Ebenso gut wie im Brennstoffversorgungskanal kann der Flüssigkeitsverteiler auch im Oxidansversorgungskanal untergebracht sein.

Fig. 2 zeigt den Fall eines Flüssigkeitsverteilers 1 im Betrieb, während eine stehende Transversalwelle, z. B. über einen Piezoaktor 3 eingekoppelt ist. Ganz links ist eine Graphik gezeigt, die entsteht, wenn die Amplitude A der stehenden Welle über ihren Abstand Z zum Schallgeber aufgetragen wird.

An dem Schallgeber, z. B. an dem Piezoaktor 3 ist eine Steuerspannung 3a angelegt, so daß der Piezoaktor 3 eine Schallwelle 3b, die in Richtung 3b schwingt, über die mechanische Fixierung 2 in den Flüssigkeitsverteiler 1 einkoppelt.

Sobald im Flüssigkeitsverteiler 1 die stehende Welle eingekoppelt ist und flüssiges Medium, beispielsweise Wasser, beispielsweise in Richtung 1a, dem Flüssigkeitsverteiler laufend zugeführt wird, entstehen kleine Tröpfchen an den Schwingungsbäuchen 1b und werden in Richtung 1b abgeschleudert.

Die mechanische Fixierung 2 kann mit jeder Art von Halterung bewirkt werden, die den Flüssigkeitsverteiler hält und gleichzeitig die Einkopplung der Schwingung nicht behindert.

Wenn der Flüssigkeitsverteiler ein Draht oder ein Docht ist, dann wird er über die Zufuhrleitung mit Wasser oder ei-

nem sonstigen flüssigem Medium benetzt. Alternativ kann es sich auch um einen wassergefüllten Schlauch handeln, in welchem sich der schwingende Draht befindet. Der Schlauch ist porös oder hat Bohrungen oder Düsen, durch die das Wasser austreten kann und dann durch die Schwingung zerstäubt wird. Der Schlauch kann so konstruiert sein, daß der Druck innerhalb des Schlauches nicht mit dem Betriebsdruck der BZ übereinstimmt, also nicht gleich dem in der Versorgungsleitung ist.

Die Wellenlänge λ einer Transversalwelle in einem Stahldraht wird über die Beziehung

$$\lambda = c/f = 1/f \sqrt{(F/\rho \cdot A)}$$

berechnet, wobei c die Phasengeschwindigkeit, f die Frequenz, F die Kraft, mit der der Draht gespannt ist, ρ die Dichte des Drahtmaterials und A der Querschnitt des Drahtes ist. Für einen Stahldraht von 0,5 mm² Querschnitt, der mit 50 N gespannt ist, erhält man bei einer eingekoppelten Frequenz von 100 kHz beispielsweise eine Wellenlänge von 1 mm. Alternativ kann für höhere Frequenzen auch ein Material mit geringerer Dichte wie Nylon, Glasfaser oder Kohlefaser verwendet werden.

Fig. 3 zeigt die Ausgestaltung des Flüssigkeitsverteilers 1 als Rohr oder mit einer Rinne, in der das flüssige Medium verteilt ist. Über die Öffnung 1a gelangt flüssiges Medium in den Flüssigkeitsverteiler, der mit Hilfe des Schallgebers 3 in Schwingung versetzt wird. Am Schallgeber 3 liegt eine Steuerspannung 3a an. Ganz links ist über eine Auftragung der Amplitude A der stehenden Welle gegen den Abstand Z angezeigt, wo Schwingungsbäuche entstehen.

Bei der Übertragung einer Longitudinalwelle wird die Schwingung des Rohres in das flüssige Medium eingekoppelt. Die genaue Form richtet sich dabei nach den Abmessungen des Wasserverteilers, der sich wiederum nach der Gestalt des Versorgungskanals richtet. Es wird dabei eine große Schwingungsamplitude an der Oberfläche des Wassers angestrebt, welche dazu führt, daß sich mit jeder Schwingung ein Tröpfchen (oder eine definierte Anzahl an Tröpfchen) von jeder Düse löst und an den Gaseinlaß der entsprechenden BZ-Einheit abgegeben wird. Die Wellenlänge für die Longitudinalwelle im Wasserverteiler längs des Versorgungskanals ergibt sich aus der Beziehung

$$\lambda = c/f = 1/f \sqrt{(E/\rho)}$$

mit E als Elastizitätsmodul des Materials, c die Phasengeschwindigkeit, f die Frequenz und ρ die Dichte des Drahtmaterials ist. Für Stahl ergibt sich z. B. bei einer Frequenz von 2 Mhz eine Wellenlänge von etwa 2,5 mm.

Bei der Ausführung als Rohr sind Bohrungen oder Düsen 1b im Abstand der Gaseinlässe vorgesehen. Bei der Ausgestaltung als Rohr kann in das flüssige Medium selbst die stehende Welle eingekoppelt werden, wobei die Bohrungen dabei auch so liegen, daß am Austritt des flüssigen Mediums eine große Schwingungsamplitude (ein Schwingungsbauch) ist.

In Fig. 4 wird eine Ausführungsform gezeigt, bei der mit mehreren Schallgebern 3, die sich jeweils auf der Höhe eines Gaseinlasses befinden, Tröpfchen 1b aus dem Flüssigkeitsverteiler 1 in den Gaseinlaß (nicht mehr gezeigt) geschleudert werden.

Der Flüssigkeitsverteiler ist ähnlich wie ein Tintendruckarray aufgebaut. Wie in Fig. 3 hat der Flüssigkeitsverteiler Bohrungen und/oder Düsen 5, mindestens eine an jedem Gaseinlaß. Zu den Düsen gehört jeweils ein Druckkanal 4 in dem Flüssigkeitsverteiler, der mit flüssigem Medium gefüllt ist.

Auf der Höhe jedes Gaseinlasses gibt es bei dieser Ausgestaltung einen eigenen Schallgeber 3, mit dessen Hilfe dort aus einem Druckkanal 4 des Flüssigkeitsverteilers 1 Tröpfchen 1b erzeugt und dem Prozeßgasstrom zugesetzt werden.

Von oben nach unten ist in Fig. 4 folgendes zu sehen: Die Leitungen 3a, mit denen an die einzelnen planaren Piezoaktoren 3 von außen eine elektrische Steuerspannung angelegt wird. Die planaren Piezoaktoren versetzen die Membran 2 in Schwingung, die ihrerseits die Schwingung an die Flüssigkeitssäule im Druckkanal 4 weitergibt. Das flüssige Medium gelangt über die Flüssigkeitszufuhr 1a, die bevorzugt über Kapillarkräfte arbeitet, in den Flüssigkeitsverteiler 1 und von dort jeweils in die Druckkanäle 4. Der Druck pflanzt sich innerhalb jedes Druckkanals bis zur Düse fort, wo ein Tröpfchen abgegeben wird. Tropfendurchmesser betragen bei Wasser als flüssigem Medium üblicherweise 40 bis 120 µm, bevorzugt 60 bis 100 µm und besonders bevorzugt 70 bis 90 µm. Der Tropfendurchmesser ist dadurch limitiert, daß ohne Anregung des Piezoaktors kein Wasser aus der Düse treten soll, d. h. die Oberflächenspannung des Wassers kontrolliert das einfache Ausfließen aus der Düse.

Bei einer Parallelschaltung aller Piezoaktoren ist sichergestellt, daß alle Gaseinlässe mit der gleichen Flüssigkeitsmenge versorgt werden. Wählt man jedoch eine individuelle Spannungszuführung, dann kann die Menge für jede BZ-Einheit einzeln eingestellt werden, was zumindest im Probebetrieb Vorteile haben kann.

Patentansprüche

1. Polymer-Elektolyt-Membran(PEM)-Brennstoffzellen(BZ)-system, das eine Befeuchtung und/oder Kühlung mit flüssigem Medium hat und das folgende Elemente umfaßt:
 - zumindest zwei BZ-Einheiten, die zusammen mit
 - einer Anfangs- und einer Endplatte einen BZ-Stapel bilden,
 - zwei Versorgungsleitungen für die Prozeßgase
 - die jeweiligen Ableitungen dazu,
 - wobei in zumindest einer der Prozeßgas-Versorgungsleitungen innerhalb des BZ-Stapels ein Flüssigkeitsverteiler angeordnet ist, der mit zumindest einer Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen verbunden ist.
2. System nach Anspruch 1, bei dem die Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen bewirkt, daß im Flüssigkeitsverteiler und/oder in der Flüssigkeitssäule eine stehende Welle eingekoppelt ist.
3. System nach einem der Ansprüche 2, bei dem die halbe Wellenlänge der stehenden Welle dem Abstand zweier Zellen im BZ-Stapel entspricht.
4. System nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem die Einrichtung zur Erzeugung von Schallwellen zumindest einen Piezoaktor umfaßt.
5. System nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der Flüssigkeitsverteiler ein Docht, ein Draht, ein Rohr oder ein flüssigkeitsgefüllter Schlauch ist.
6. System nach einem der vorstehenden Ansprüche, bei dem der BZ-Stapel luftkühlbar ist.
7. Verwendung eines Systems nach einem der vorstehenden Ansprüche zur Elektrotraktion.
8. Verfahren zum Befeuchten und/oder Kühlen eines BZ-Stapels, bei dem ein flüssiges Medium mit dem Prozeßgasstrom auf die aktiven Flächen des BZ-Stapels geführt wird, wobei Tröpfchen mit Hilfe von Schallwellen unmittelbar vor dem Gaseinlaß jeder BZ-Einheit des BZ-Stapels erzeugt und dem Prozeßgas-

strom zugesetzt werden.

9. Verfahren nach Anspruch 7, bei dem nur ein Prozeßgasstrombefeuchtet und/oder gekühlt wird.

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 oder 8, bei dem mit der zur Befeuchtung in den Prozeßgasstrom eingebrachten Flüssigkeitsmenge der BZ-Stapel ausreichend gekühlt wird.

Hierzu 4 Seite(n) Zeichnungen

FIG 1

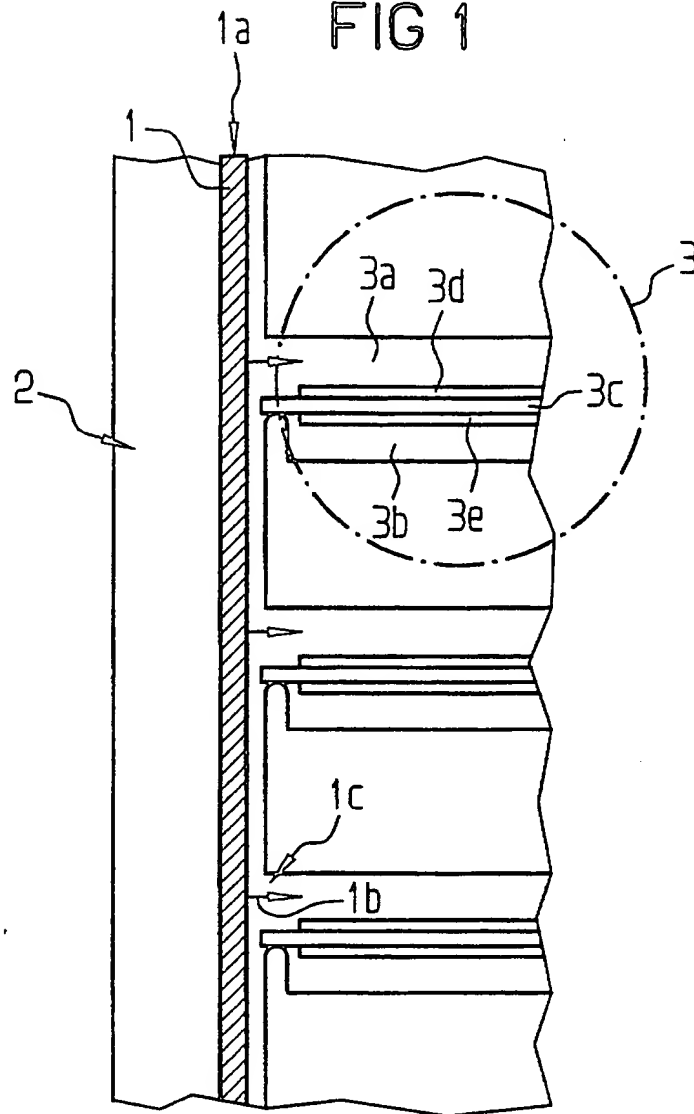


FIG 2

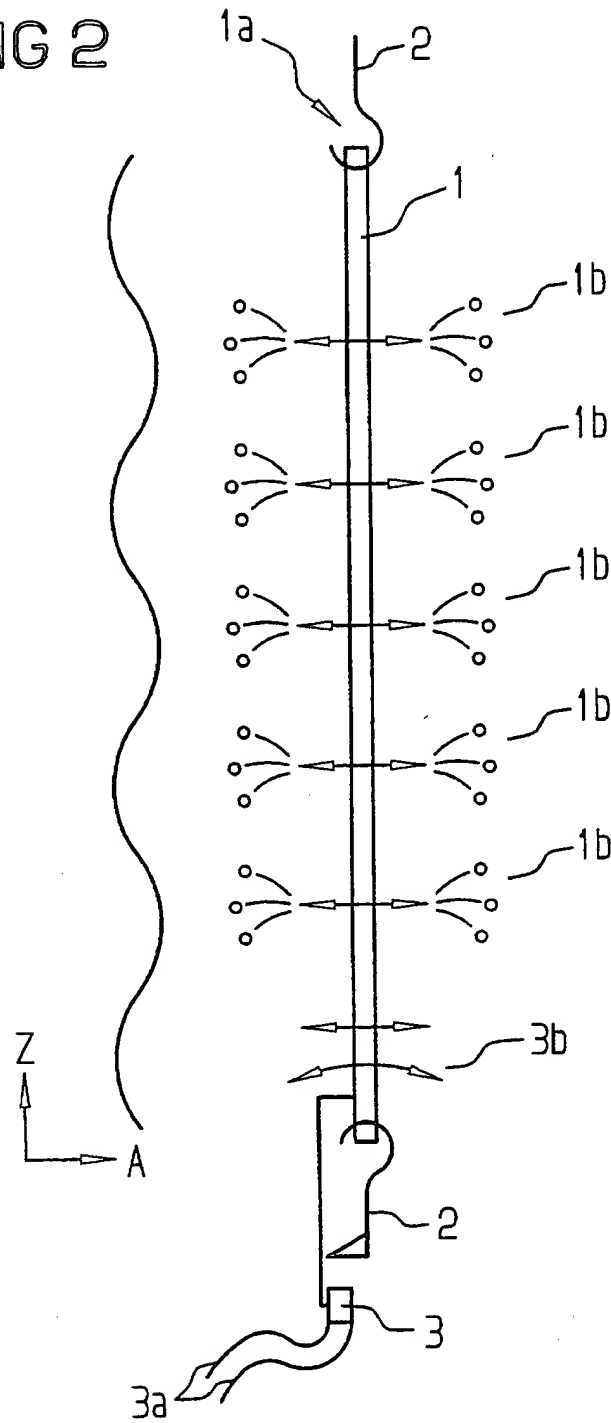


FIG 3

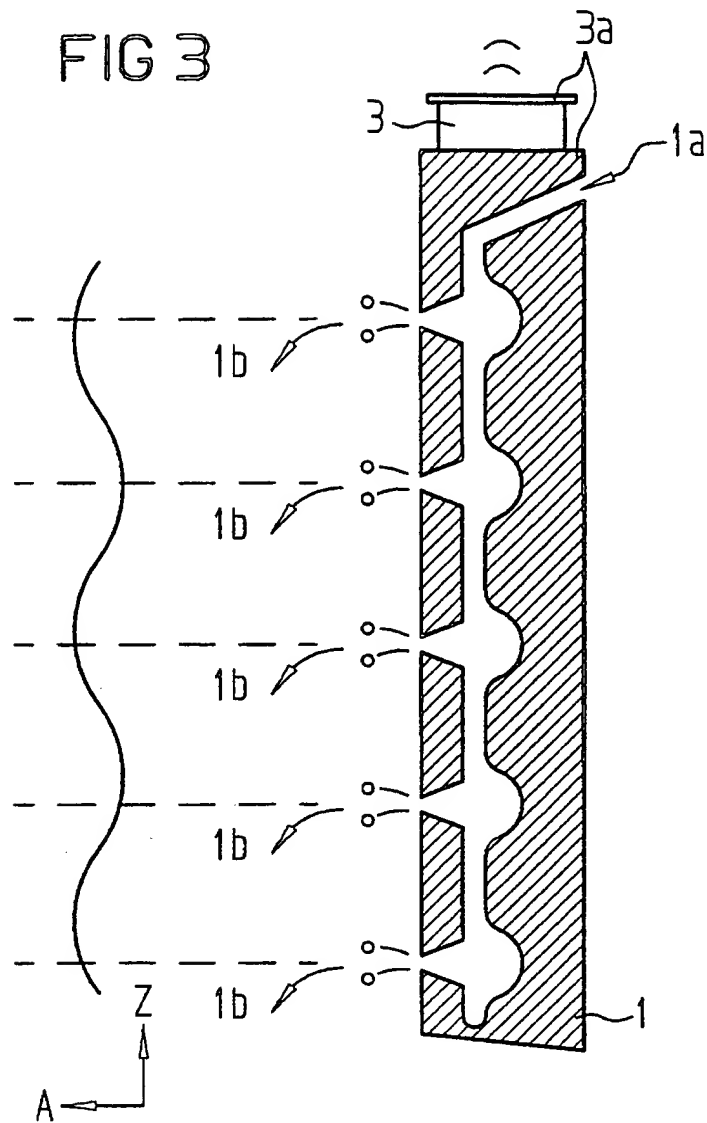


FIG 4

